

Г.В. АЗИЗБЕКЯН, Г.Г. АЗИЗБЕКЯН, Э.А. АРУТЮНЯН, **Р.А. КАЗАРЯН****ДВУКООРДИНАТНЫЙ НАКЛОНОМЕР**

Разработано новое оптико-механическое устройство (наклономер) для применения в задачах сейсмологии. Принцип работы устройства основан на использовании прибора с зарядовой связью – CCD, с помощью которого определяются координаты положения центра светового пятна от фокусированного луча полупроводникового лазера, подвешенного на свободном вертикальном маятнике. Эксперименты показали, что наклономер обеспечивает чувствительность измерения наклонов на уровне $1,2 \cdot 10^{-3}$ угл.с.

Ключевые слова: двухкоординатный, наклономер, сейсмология, высокая чувствительность, автоматический режим работы.

В работах [1-4] изложены результаты цикла наших исследований по разработке новых чувствительных оптомеханических устройств – наклономеров, основанных на использовании специальных тонкослойных оптических структур, зондируемых монохроматическим источником света. Обзор литературы и сравнительный анализ результатов основных исследований по данной тематике, проведенных в [2], показывают, что главной сложностью для применяемых в настоящее время скважинных наклономеров является дрейф нулевого отсчета и связанная с этим необходимость периодического установления вручную основного положения устройства. В разработанном нами варианте наклономера [2,3] удалось уменьшить дрейф нуля при одновременном обеспечении чувствительности измерений наклонов на уровне 10^{-3} угл.с. Однако дальнейшие эксперименты показали, что для использования этого устройства в качестве скважинного наклономера необходимо решение ряда технических задач.

Это связано, в основном, с одноканальным приемом слабого светового сигнала при перемещении заостренного конца световолокна в оптическом "ближнем поле" в условиях полного внутреннего отражения луча лазера, что требует дополнительного усиления выходного сигнала. Кроме того, реализуемый в устройстве малый рабочий диапазон измерений смещений (порядка 100 нм) существенно усложняет работу наклономера и процесс его вертикальной юстировки в скважине.

Следующим этапом развития работ явилась разработка нового варианта наклономера, в котором не требуется решения вышеизложенных задач [4]. Принцип работы нового устройства поясняется на блок-схеме, приведенной на рисунке. Коллимированный луч света от стабилизированного по питанию полупроводникового лазера 1, подвешенного на свободном вертикальном маятнике 2, фокусируется линзой 3 на рабочую поверхность прибора с зарядовой связью – CCD 4. Видеосигнал передается в компьютер 5, и далее эти данные используются для определения двумерной картины смещений центра светового пятна. Обработка проводится на компьютере с помощью специальной

программы с использованием статистических методов. Для каждого измерения координат центра светового пятна используются 50 снимков CCD, проводимых последовательно в течение 5 с. В данном устройстве не требуется усиления выходного сигнала, а рабочий диапазон измерения смещений увеличен до 3 мм. В предлагаемом наклонномере при смещении маятника величина регистрируемого сигнала не меняется, поэтому любой возможный дрейф нуля не влияет на чувствительность устройства. В связи с этим отпадает необходимость каждый раз устанавливать основное положение устройства, а вполне достаточно в начале эксперимента с помощью компьютерной программы определить координаты центра светового пятна и фиксировать как новое нулевое положение для измерения смещений. Подобная процедура измерений дополнительно облегчает процесс работы и вертикальную юстировку устройства. Из вышеизложенного также следует, что наклонмерные данные измерений, полученные с помощью разработанного устройства с двухкоординатным методом измерений смещений, полностью заменяют аналогичные данные, полученные с помощью традиционно применяемых в сейсмологии двух сопряженных друг с другом наклонмеров, ориентированных по азимутам север-юг и восток-запад соответственно.

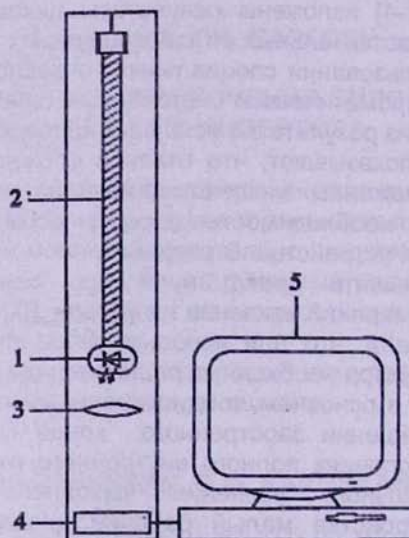


Рис. Блок-схема разработанного наклонмера

Калибровка наклонмера проводилась собранной для этих целей установкой, которая обеспечивала фиксированные смещения с помощью пьезодатчиков. Эксперименты показали, что данный вариант наклонмера при длине маятника 1 м обладает чувствительностью измерений смещений порядка 6 нм и, соответственно, наклонов на уровне $1,2 \cdot 10^{-3}$ угл.с.

Отметим также, что с помощью нового метода измерения наклонов, в принципе, можно достигнуть чувствительности смещений до 1 нм. Это позволит обеспечить требуемую угловую чувствительность 10^{-3} угл.с при уменьшении

длины маятника до 10 см, что еще более облегчит процесс юстировки наклономера в скважине.

В настоящее время на глубине 40 м подземных помещений Гарнийской геофизической обсерватории НАН РА с помощью изготовленного лабораторного макета данного наклономера проводятся долговременные работы по регистрации сейсмических сигналов, обусловленных деформационным полем земной коры. Эти данные в дальнейшем будут обработаны при исследовании лунных приливов, результаты которых будут изложены в следующей статье.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Azizbekyan H., Arutunyan E., Babayan H., Kazaryan R., Martirosyan A. Development, fabrication and test a new optical-mechanical device for current hazard assessment // Труды Межд. семинара МНТЦ (Ереван, 2000). Ч.II.- 2000.-С.205-208.
2. Ազիզբեկյան Հ.Կ., Գարությունյան Է.Յ., Դազարյան Ռ.Ա., Մանուկյան Ա. Թեքվածքների չափման հորատանցքային եղանակ // ՀՀ գյուտի արտոնագիր N 1396A2.- 2003:
3. Азизбекян Г.В., Арутюнян Э.А., Казарян Р.А., Манукян А.М. Разработка принципов новых оптико-механических устройств для измерения малых наклонов // Изв. НАН РА и ГИУА. Сер.ТН.-2004.-Т.57, N 1.- С. 154-158.
4. Ազիզբեկյան Հ.Կ., Ազիզբեկյան Հ.Հ., Գարությունյան Է.Յ., Դազարյան Ռ.Ա. Թեքվածքների չափման եղանակ // ՀՀ գյուտի արտոնագիր N 1846A2.- 2006:

Инженерный центр НАН РА. Материал поступил в редакцию 27.10.2006.

**Հ.Կ. ԱԶԻԶԲԵԿՅԱՆ, Է.Յ. ԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Ռ.Ա. ԴԱԶԱՐՅԱՆ
ԵՐԿՐՈՐՈՂԻՆԱՏԱՅԻՆ ԹԵՔՎԱԾՔ**

Մշակված է նոր օպտիկա-մեխանիկական սարք (թեքաչափ) սեյսմոլոգիայի խնդիրներում կիրառելու նպատակով: Սարքի աշխատանքի սկզբունքը հիմնված է լիցքային կապով CCD-ի օգտագործման վրա, որի միջոցով որոշվում են ազատ ուղղաձիգ ճոճանակից կախված կիսահաղորդչային լազերից առաքված ֆոկուսացված ճառագայթի օպտիկական պատկերի կենտրոնի կոորդինատները: Փորձերը ցույց են տալիս, որ թեքաչափն ապահովում է թեքվածքների չափման $1,2 \cdot 10^{-3}$ անկյունային վայրկյանի զգայնություն:

Առանցքային բառեր. երկկոորդինատային, թեքաչափ, սեյսմոլոգիա, բարձր զգայունություն, ավտոմատացված աշխատանքային ռեժիմ:

**H.V. AZIZBEKYAN, H.H. AZIZBEKYAN, E.A. ARUTYUNYAN, R.A. KAZARYAN
TWO-DIMENTIONAL INCLINOMETER**

A new opto-mechanical device (inclinometer) for seismological purposes is developed. The operation principle of the device is based on the use of Charge Coupled Device (CCD) to obtain the light spot position of the focused beam of the semiconductor laser suspended on the loose vertical pendulum. Then the data is processed through a processor unit using statistical methods. Inclinometer provides accuracy up to $1,2 \cdot 10^{-3}$ sec. of arc.

Keywords: two-dimentional inclinometer, thin layer optic structures, shift sensibility, seismology problems.